

JGN 等を使った広域マルチキャスト映像中継実験

石田 亨[†], 国井 拓[†], 林 純一郎^{†,‡}, 中倉 隆[†], 稲垣 充廣[†]

[†]:財団法人ソフトピアジャパン

E-mail:rd@softopia.pref.gifu.jp

URL-<http://www.softopia.pref.gifu.jp>

[‡]:中京大学大学院情報科学研究科

E-mail:jun@koshi-labscs.chukyo-u.ac.jp

URL-<http://www.koshi-lab.scs.chukyo-u.ac.jp>

概要

近年, 地域情報通信基盤の整備として, 幹線道路に光ファイバーを埋め込む作業が進んでいる. 我々は, 通信・放送機構 TAO(Telecommunications Advancement Organization of Japan)が整備・運営する研究開発用ギガビットネットワーク JGN(Japan Gigabit Network)と, 岐阜県が整備する岐阜情報スーパーハイウェイを利用し, 広域 ATM 実験網上で ATM マルチキャストを利用した広域ネットワーク中継を実施した. 本稿では, 分岐地点 9 (4 分岐 1, 3 分岐 2, 2 分岐 6) の 40Mbps CBR-PVC マルチキャストツリーで全国 14 の地域への映像配信を行った詳細について報告する.

A Method for Broadcasting to Wide Area using Multicast in JGN, etc

Akira ISHIDA[†], Taku KUNII[†], Jun-ichiro HAYASHI^{†,‡}, Takashi NAKAKURA[†] and Michihiro INAGAKI[†]

[†]:*Softopia Japan*

[‡]:*Graduate School of Computer and Cognitive Sciences, Chukyo University*

Abstract

Recently, public enterprises have made significant progress in the creation of local area information networks through the installation of fiber optic lines. We sent an experimental broadcast using an ATM multicast over two wide area networks: the Japan Gigabit Network (JGN), an experimental network operated by the Telecommunications Advancement Organization of Japan (TAO) and the Gifu Highway, operated by Gifu Prefecture. We transmitted live contents to 14 locations in Japan using a 40Mbps CBR-PVC multicast tree. The tree has nine junction points (one 4-way junction, two 3-way junctions, and six 2-way junctions). In this paper, we will present the details of this experiment and its results

1. はじめに

近年、ハイビジョンや携帯電話に代表されるように、一般家庭においても通信と放送のデジタル化が進んでいる。また、通信・放送業界は、これらの技術を利用した新しいサービスの提供を進め、映像のようなストリーミングコンテンツを、高精細かつ高速に配信する試みは、多くの研究機関において実施されている^{[1][2]}。また、既にインターネット上のストリーミングコンテンツを再生するソフト（図1参照）が、いくつか存在する。しかしながら、現状の通信網を利用したストリーミング再生は、前述する再生ソフトのレベルであり、高精細映像を全国どこへでも瞬時に配送するために充分であるとは言いがたい^[3]（図2参照）。

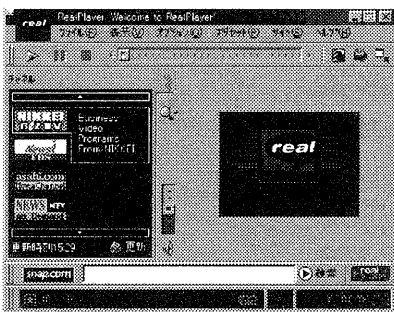


図1 ストリーミング再生ソフトの一例

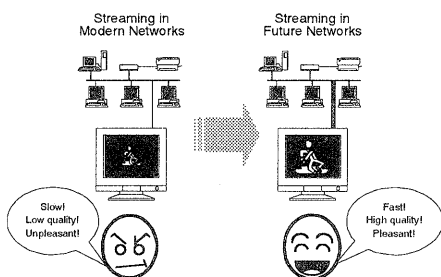


図2 ネットワークによるストリーミング再生の違い

以上のような背景において、我々は、次世代高速ネットワーク網を用いて、高精細映像を一カ所から多数の地点へ配信する試みを行った。本実験は、ATM(Asynchronous Transfer Mode)マルチキャスト機能^[4]を用いて、送出地点のライ

ブ映像を ATM スイッチで複数に分岐し、リアルタイムに多地点へ配信した。

以下、2 章では実験に用いた次世代高速ネットワーク網の概要を述べる。3 章では送信側から受信側までの過程についてを述べ、4 章で実験結果と実験において生じた問題などを述べる。また、5 章では本実験を応用し、今後提供されるであろうサービスについてを述べ、6 章でまとめと今後の課題についてを述べる。

2. ネットワーク概要

2.1 研究開発用ギガビットネットワーク

研究開発用ギガビットネットワークは、札幌、仙台、つくば、長野、金沢、名古屋、けいはんな（関西学術研究都市）、岡山、高松、北九州の全国 10 ケ所に設置した ATM 交換機を超高速光ファイバー回線で結ぶネットワーク（IP 接続も可能）と、研究機関やベンチャー企業等が利用できる 5 ケ所の共同利用型研究開発施設（情報通信研究開発支援センター）によって構成されている^[5]。

本実験では、岩手、仙台、東京、名古屋、三重、富山、石川、大阪、広島へ映像配信を行った。

2.2 岐阜情報スーパーハイウェイ

岐阜県では、高度情報化による「地域交流の活性化」「福祉社会の実現」「地域産業の振興」を推進するため、既存の電話回線に比べて数千倍という大容量の情報を送る光ファイバーの整備を進めている。この地域高速情報通信基盤を「岐阜情報スーパーハイウェイ」という^[6]。

本実験では、岐阜県内のふれあい会館、未来会館、VR テクノプラザ、岐阜大学へ映像配信を行った。

3. 映像中継実験概要

実験は、DV 映像と MPEG2 映像の、二つの方法で同時に伝送実験を行った。このような業

務レベルの映像を、超高速ネットワークを用いて全国へ伝送する試みは過去に前例がなく、全国初の試みである。

マルチキャスト技術は、通信帯域を効率的に使い多地点へ伝送するために利用される。伝送された映像信号は、各地の AV 施設において公開されただけでなく、中継地点をサービス範囲にもつ CATV 局が、自社の基盤を利用して局へ伝送し、通常のチャンネルでの同時放映実験も行った。これにより受信地域で放送品質も確認できた。

3.1 DVoverATM マルチキャスト中継

送出側からの一つのストリームを、「研究開発用ギガビットネットワーク」内の ATM スイッチで複数に分岐し多地点へ中継する ATM マルチキャスト技術を用いて、全国 9ヶ所、更に岐阜県内 5ヶ所へ映像伝送した。伝送した映像は、広帯域（約 33Mbps）を必要とする DV 映像であり、業務（例えば放送等）に耐える品質のものである。映像伝送は、DV に符号化されたストリームを SONY と北陸先端科学技術

大学院大学が共同開発した ATM-IEEE1394 リンクユニット SEU-TL100⁷⁾を用いて ATM ネットワーク上で伝送することとした。伝送機器構成を図 3.1 に示す。

実験では、すべてのマルチキャストパスについて 40Mbps の CBR-PVC (Constant Bit Rate-Permanent Virtual Circuit)の設定を用いた。「研究開発用ギガビットネットワーク」「岐阜県情報スーパーハイウェイ」の DV 映像伝送における大規模マルチキャストパスを図 3.2 に示す。分岐数 9, 4分岐×1, 3分岐×2, 2分岐×6 で、14 地点への伝送を実現した。

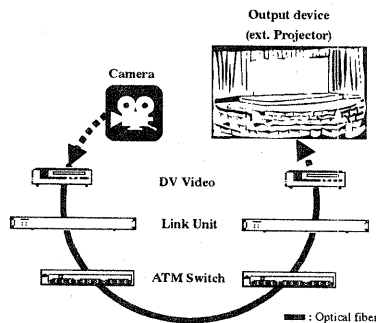


図 3.1 DV 映像伝送機器構成図

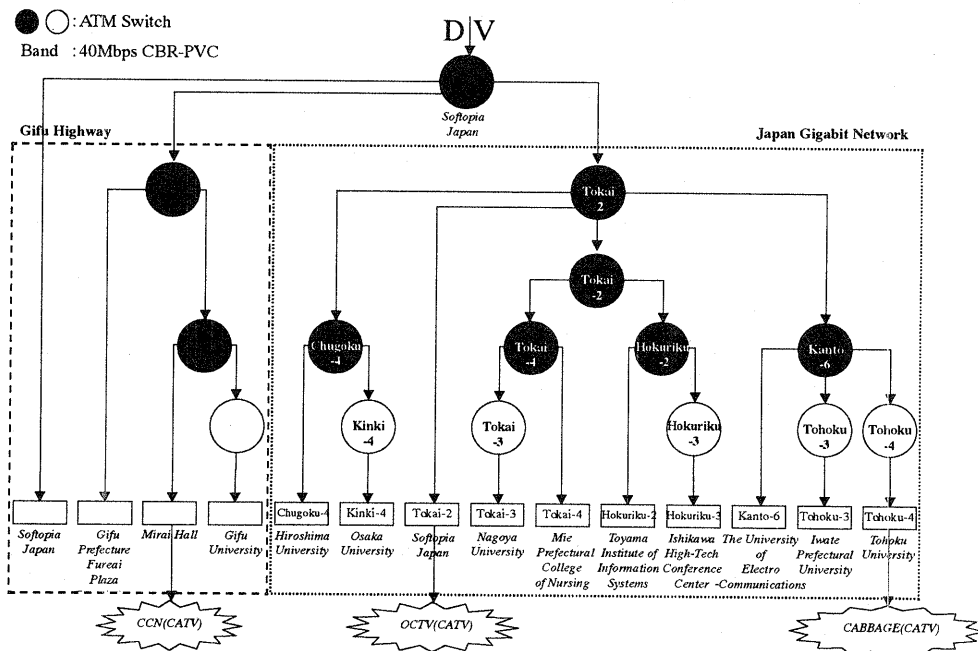


図 3.2 マルチキャストパス (DV 映像)

3.2 MPEG2overATM マルチキャスト中継

本実験は、DV 映像と MPEG2 映像との比較を行うことを目的に実施した。伝送した映像は、必要とする帯域の小さい（約 7.2Mbps）MPEG2 であり、DVD でも使用されている高品質映像である。映像伝送は、OKI YS3200 を用いて符号化し、ATM ネットワーク上で伝送することとした。伝送機器構成を図 3.3 に示す。

実験では、全てのマルチキャストパスについて 8Mbps の CBR-PVC の設定を用いた。「研究開発用ギガビットネットワーク」「岐阜情報スーパーハイウェイ」の MPEG2 映像伝送におけるマルチキャストパスを図 3.4 に示す。分岐数 2, 3 分岐×1, 2 分岐×1 で、4 地点への伝送を実現した。

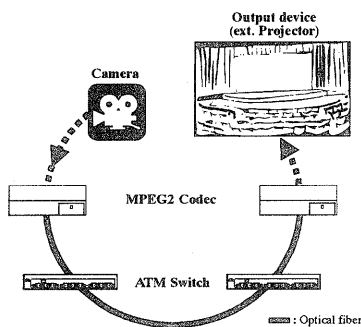


図 3.3 MPEG2 映像伝送機器構成図

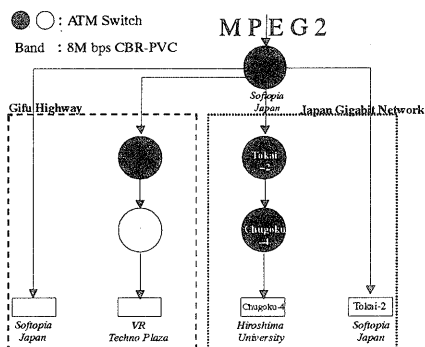


図 3.4 マルチキャストパス (MPEG2 映像)

4. 実験結果

受信側で公開した中継映像は、各地にて録画し、遅延やノイズ等の評価を行った。

4.1 遅延

映像の実時間中継においては、遅延が問題になる。本実験における遅延は、下記二つが考えられる。

Delay 1) 伝送における遅延

Delay 2) 機材における遅延

Delay 1)は、既存の CS 放送において、往復 0.5sec の遅延が発生する。また Delay 2)については、エンコード/デコードとフレーム・シンクロナイザ等で 0.4sec の遅延が発生する。

本実験において、Delay 1)と Delay 2)の遅延時間を計測したものが、表 1 である。表 1 におけるフレーム単位の遅延は、エンコード/デコードを実施した遅延時間を 2 で割って算出した値である。

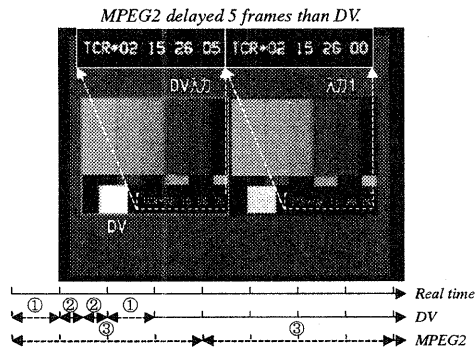
DV 映像伝送における Delay 2)の遅延時間は、DV 変換処理、DV 映像を伝送する IEEE1394 から ATM へのセル化処理、ATM パフォーマンスによるスイッチ処理、及びこれらの逆プロセスである。図 3.1 の映像伝送機器構成を用いた再現実験による DV 変換処理では約 1frame(0.03sec)、セル化では約 0.5frame(0.015sec)の遅延が発生している。これに対して、ATM スイッチでのセル遅延は、 μ sec のオーダーであり非常に小さい。再現実験においても、映像としての遅延は確認することができなかった。

MPEG2 映像伝送における Delay 2)の遅延時間は、MPEG2 変換処理、ATM へのセル化処理、ATM パフォーマンスによるスイッチ処理、及びこれらの逆プロセスである。本実験で用いたコーデックは、前述の MPEG2 変換処理と ATM へのセル化処理を区別して計測することが不可能なため、表 1 にはその合計値を記述した。図 3.3 の映像伝送機器構成を用いた再現実験による MPEG2 変換処理と ATM へのセル化処理では、計約 4frame(0.12sec)の遅延が確認された。中継実験では、受信側において公開映像の録画を行ったが、図 4 の録画映像において、MPEG2 映像と DV 映像との比較を行った結果、約 6frame の遅延が観測された。この遅延時間は、

DV 映像においては、図 3.1 におけるエンコードからデコードまでの全てのプロセスを経た映像と、MPEG2 においては、図 3.3 におけるエンコードからデコードまでの全てのプロセスを経た映像の、Time Code とを比較したものであり、再現実験の結果から算出した値と一致する。この結果からも、Delay 1)にあたる ATM 網の遅延は非常に小さいことが分かる。

表 1 各機器で確認された映像遅延(単位:frame)

Unit	Time(frame)
DV Video	1.0
Link Unit	0.5
ATM Switch	0.0
MPEG2 Codec	4.0



①:DV Convert delay ②:Link Unit delay ③: MPEG2 Codec delay
図 4 MPEG2 の遅延(左: DV 映像 右: MPEG2 映像)

4.2 ノイズ

伝送経路における機器やネットワーク状態に起因するノイズが問題となる。本実験におけるノイズは、下記二つが考えられる。

Noise 1) AV 機器に起因するノイズ

Noise 2) セルロスに起因するノイズ

Noise 1)は、映像信号のスイッチング時に確認した(図 5)。このノイズは、同期を取らないままスイッチングを行った場合に生じる。そこで、同期を考慮したスイッチングを行った場合、ノイズは生じなかった。

Noise 2)は、実験中のトラフィックに図 6 のセルロスが確認され、この時間の映像で確認した(図 7)。ATM ネットワークでは、セルロスなどのリカバリ機能がないため、図 7 のような

ノイズが生じる原因となる。

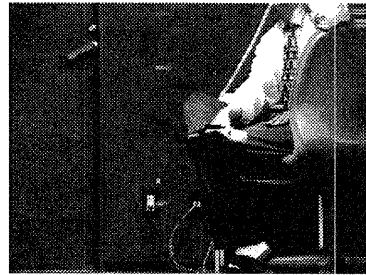


図 5 スwitchingによるノイズ

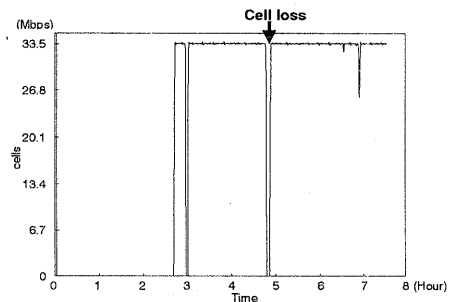
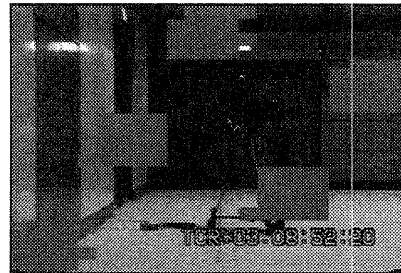


図 6 トラフィックの揺らぎ



(以降、3frameで確認)

図 7 トラフィックの揺らぎによるノイズ

4.3 CATV への中継

CATV 局へ対して映像伝送を行い、一般家庭への映像伝送実験も行った。映像品質は、普通のテレビ放送と比較して遜色ないことを確認したが、約 9frame(0.3sec)の遅延を確認した。実験は、DV 映像配信後に各 CATV 局へ伝送したため、前述の AV 機器における遅延を除いた約 6frame(0.2sec)が、CATV 局施設によるものと考えられる。しかし、4.1 節で述べたように、CS 放送における遅延が約 0.9sec であることを考えると、超高速ネットワークを使用した本映像伝

送は、業務レベルでも十分に実用的である。

5. 応用

国内の多くの CATV 局は、小規模なものが多く、番組提供能力も充分とは言えない。今回の実験では、超高速ネットワークを利用して CATV 局へ映像伝送し、実用レベルであることを確認した。この結果は、図 8 に示すような、CATV 間での映像コンテンツの相互利用が充分可能であることを示している。そこで、図 9 のような映像コンテンツ蓄積サーバーを利用したサービスが、今後拡大するものと考えられる。

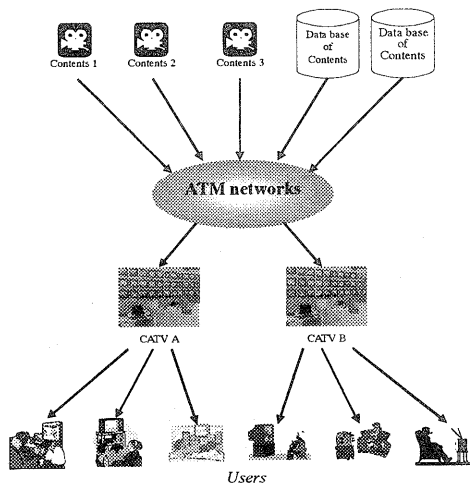


図 8 映像コンテンツ相互利用概要

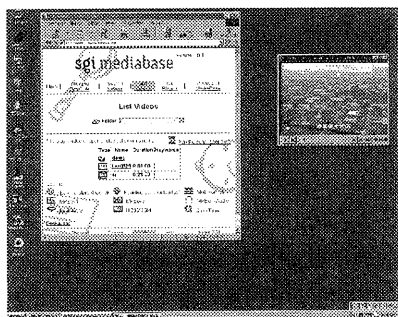


図 9 映像コンテンツ蓄積サーバーの一例

6. まとめと今後の課題

本稿では、高速ネットワークを使った広域マルチキャスト映像中継実験の詳細と、本実験を

応用した次世代放送の可能性についてを述べた。

今回、多地点への同時中継には、ATM マルチキャストを用いたが、IP マルチキャスト[8]の方が現実的かもしれない。しかしながら、十分な QoS を確保する必要がある[9]、ATM および IP マルチキャストの双方の特長を活かした方法が必要である。また、今回使用した高速ネットワークであっても、4.2 節で述べたようにセルロスが発生し、ノイズが生じた。今後は、実用化のために、効率的な経路選択[3]や QoS の確保などの検討が必要である。

謝辞

本実験は、多数の方々の支援を得て実施された。関係各位に深く感謝いたします。本研究は、JGN を用いた通信・放送機構との共同研究[JGN-G11012]である。

参考文献

- [1] 長田, 木下, 佐野, 城下: 高信頼マルチキャストを利用した True-push 型コンテンツ配信システムとその試行サービスおよび評価, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.2, pp.235-244 (Feb.2000).
- [2] 矢島, 原, 塚本, 西尾: 相関性を持つデータ間の放送時間間隔について, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.1, pp.188-196 (Jan.1999).
- [3] 木下, 添田, 山井, 滝根, 村上: 多対多地点間通信のための経路制御とネットワーク構成法, 信学論 B, Vol. J82, No.10, pp.1773-1781 (Oct.1999).
- [4] 石川: ATM 上の IP マルチキャスト通信のためのアーキテクチャとその実装, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.8, pp.2528-2538 (Aug.1998).
- [5] 通信・放送機構: JAPAN GIGABIT NETWORK ホームページ, <http://www.shiba.tao.go.jp/>.
- [6] 岐阜県基盤整備部情報通信基盤整備室: 岐阜情報スーパーハイウェイ概要資料.
- [7] SONY: SEU-TL100 ホームページ, <http://www.sony.co.jp/sd/ProductsPark/Professional/LINKUNIT/seu%20tl100/>.
- [8] 南端, 佐野, 水野: 共有仮想環境のための高信頼マルチキャスト方式の提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.2, pp.254-261 (Feb.2000).
- [9] Fujikawa, Ohta, and Ikeda.: PLASMA: Multicast/QoS Routing on High Performance Label-switch Networks, Trans. of IPSJ, Vol.40, No.1, pp.124-131 (Jan.1999).
- [10] 坂手, 山口, 安本, 東野, 谷口: 多人数参加型アプリケーションにおける品質要求を考慮した帯域制御の一方式, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.1, pp.132-141 (Jan.1999).